

多种地球物理方法在黔东北地区萤石矿勘查中应用效果分析

黄凯¹, 邓耀辉¹, 卢卯¹, 鲜少军¹, 谢选熊¹, 袁睿¹

¹ 贵州省有色金属和核工业地质勘查局地质矿产勘查院, 贵州贵阳, 550005

萤石广泛应用于钢铁、化铁、有色金属和玻璃等行业。它还可以制作光学透镜、乳白玻璃、搪瓷制品和燃油催化剂等, 在《全国矿产资源规划(2016-2020年)》中将萤石列为 24 中战略性矿种之一。其具有不可替代的战略地位。近年来, 国际环境波诡云谲, 受贸易战波及, 部分矿床资源进口受到极大限制。未雨绸缪, 国家开展的新一轮战略找矿行动, 萤石矿作为几大主攻矿种之一, 具有重要的现实意义。贵州省萤石矿产资源丰富, 主要分布在黔西南地区的晴隆、兴仁、贞丰和黔东北地区的沿河、务川、正安等地。目前黔东北地区已经发现萤石矿床(点) 40 余处^[1], 根据唐尧, 熊孝先等人研究估算, 黔东北地区萤石矿潜在资源量超过千万吨^[2], 具有很好的找矿前景。地球物理方法在萤石矿勘查中具有很好的应用效果^[3-5], 为了实现找矿突破, 作者在黔东北多处萤石矿床(点) 上开展了音频大地电磁测深法、高密度电阻率法、电阻率联合剖面法和电阻率五极纵轴测深法测量工作, 有效指导了钻孔定位, 为下一步工作提供有效依据。

1 地质背景

工作区大地构造位置位于扬子陆块南部被动边缘褶皱冲带凤冈滑脱褶皱带, 凤冈南北向隔槽式褶皱变形区(IV-4-1-3(3))四级构造单元的中北部(图 1)。调查区属于黔北地层小区(图 2-2), 区内出露地层由老到新主要有寒武系、奥陶系、志留系、石炭系、二叠系和三叠系, 第四系零星分布且不整合于各时代地层之上。缺失中上志留统、泥盆系。岩性以海相碳酸盐岩类为主, 其次为粘土岩为主的碎屑岩类。

工作区内构造属凤冈 NNE 向构造变形区, 以 NNE—NE 向构造为特征, 经多期构造作用, 形成了新州隆褶带、道真拗褶带、江口至旧城褶断带和镇南隆褶带。褶皱构造以 NNE 向、NE 向和近 SN 向发育为特点, 东南面以梵净山背斜为界, 西面到乌江向斜, 北面延至省界, 主要褶皱构造有乌江向斜、铜鼓坪背斜、镇南背斜、金鸡岭背斜、许家坝向斜等 40 余个。区内断裂构造以逆断层为主, 多沿背斜轴部和向斜两翼呈束状展布, 断层走向主要为 NNE 向, 次为 NW 向, 但后者规模较小。主要断裂有 NE 向的洛洋断层、湄潭断层、黄家坝断层、鼓溪断层、塘头断层等, 构成了本区复杂的构造格局。



图 1 工作区在贵州省大地构造位置图

2 方法技术

2.1 音频大地电磁测深法

音频大地电磁测深法，简称 AMT，是利用天然交变电磁场研究地球电性结构的一种地球物理勘探方法。由于它不用人工供电，成本低，工作方便，不受高阻层的屏蔽，对低阻层分辨率高，而且勘探深度随电磁场的频率而异，浅可以几十米，深可一千米，因此，在许多领域都得到了成功的应用。

本次在黔东北地区双河萤石矿区，布设剖面 4 条，编号 1、2、3 和 4，测点共计 180 个

2.2 高密度电阻率法

高密度电法数据采集系统由主机、多路电极转换器、电极系统 3 部分组成。多路电极转换器通过电缆控制电极系统各电极的供电与测量状态，主机通过通讯电缆、供电电缆向多路电极转换器发出工作指令，向电极供电并接收、存贮测量数据。数据采集结果自动存入主机，主机通过通讯软件把原始数据传输给计算机，计算机将数据转换成处理软件要求的数据格式，经相应处理模块进行畸变点剔除、地形校正等预处理后，最后进行最小二乘反演。最后形成电阻率反演结果断面图，在断面图上根据视电阻率的变化特征结合钻探、地质调查资料进行地质解释。本次测量仪器为分布 UltraMarker LFGMD-4 高密度电法系统。采用温纳排列装置，点距 8 米。本次高密度电阻率法在邢家山工作区和牛心山工作区布设 4 条剖面，每条剖面 1200m。

2.3 电阻率联合剖面法

电阻率联合剖面法是指 A、M、N、B 电极距保持不变，同时沿一定剖面方向逐点观测视电阻率，研究剖面方向地下一定深度的岩、矿石电阻率变化的一组方法。AMN ∞ MNB 布极方位与测线方位一致，无穷远极方位基本垂直测线并大于 5 倍 AO 距，AO 和 BO 分别为 30m 和 100m，MN=10m，测量点距为 10m，记录参数为 ρ_{SA} 与 ρ_{SB} 。本次工作在黄教工作区布设剖面一条，测点 19 个。

2.4 电阻率五极纵轴测深法

电阻率五极纵轴测深是通过拟对孔位进行由浅入深的连续视电阻率观测测量，从而了解孔位下方一定深度范围内地质体电性变化，查清地下岩性构造变化情况。本次五极纵轴测深采用 L=300 米，MN=2-4 米进行测量，根据实际情况而定。本次电阻率五极纵轴测深工作在火石坡工作区布设测点 9 个。

3 应用效果分析

3.1 音频大地电磁测深法应用效果

1 号剖面位于穿过双河萤石矿，可以获得以下电性特征：（1）、地层电性特征：剖面垂向上电性结构特征显示，志留系、奥陶系和寒武系碳酸盐岩地层呈“中-高阻”电性特征；志留系和奥陶系以碎屑岩地层表现为“低阻”电性特征，与物性测试结果一致。（2）、构造电性特征：根据电阻率等值线横向不连续特征（200-320 号点、480-560 号点、1120-1200 号点之间近地表处），深部电阻率等值线特征有规律的反映出了断裂构造的形态，控矿断层在深部被区域断层错开。（3）、矿体电性特征：根据剖面反演成果，结合地质资料分析，矿体主要赋存在构造与碎屑岩地层覆盖下的结合部位，且位于“高阻-低阻”的渐变带（线性梯度变化带）上，呈现相对低-中阻电性特征。

综上分析可以建立区内的地球物理找矿预测模型为：在 AMT 测量的电阻率反演成果下，主要在构造与碎屑岩地层覆盖下的结合部位的“高阻-低阻”渐变带（线性梯度带）为成矿的有利区域，可以间接进行找矿预测。

3.2 高密度电阻率法应用效果

钻孔 ZK200-3 揭露结果，孔深 6.2-9.5m，见破碎角砾带，含萤石夹重晶石。钻孔 ZK200-2 揭露，孔深 8.95-13.6m 见深灰色、灰色中-厚层状泥晶灰岩，含萤石、重晶石细脉，少量萤石呈紫色半透明状，灰岩内较多微细裂纹为炭泥质充填。其中萤石、重晶石脉在 9.25m 处宽 8cm，10.18m 处宽 7cm，11.90m 处宽 5cm，13.55m 处呈角砾状灰岩夹萤石、重晶石宽 15cm。钻孔 ZK200-1 揭露，孔深 22.65-23.7m 灰色中厚-厚层状灰岩，发育较多宽 1-5cm 裂隙，由方解石充填，重

晶石呈 1-2cm 大小不规则斑块状或 2-5cm 宽细脉状发育在下部，在 23.7m 处发育一宽约 5cm 重晶石萤石脉，通过高密度电阻率法测量，推测赋矿断裂深部展布陡倾，与钻探结果吻合。因此，采用高密度电阻率测量推断断裂破碎带的深部展布情况，勘查效果较好。

3.3 电阻率联合剖面法应用效果

电阻率联合剖面测量很好的反应了萤石矿的位置与倾向，具有很好的勘查效果。

3.4 电阻率五极纵轴测深法应用效果

在钻孔 ZK682-2 开展了电阻率五极纵轴测深，在测深到达 33-42m 之间，形成高阻异常，实施的 ZK680-2 在该位置处探测到了岩溶空腔，两者之间具有很好的对应。对岩溶引起的工程问题具有较好的探测效果。

4 结论

(1) 通过在本区开展的多种地球物理方法结果分析，地球物理方法在本区可以进行间接找矿，推测含矿裂隙的深部展布，解决岩溶等工程问题，对本区萤石矿的找矿工作具有很好的指导作用；

(2) 基于本区萤石矿的具有深埋藏(>500m)，浅覆盖(覆盖层 5-100m)，直接出露地表的类型，在地球物理方法选择上需根据地质情况选择 2-3 中方法组合，提高找矿效果

参考文献

- [1] 李敏,邹灏,陈海峰等.黔东北双河重晶石—萤石矿床流体包裹体组合研究及成因[J].矿物岩石化学通报,2021,40(04):858-870.
- [2] 唐尧,熊孝先,王吉平.我国萤石矿床特征及资源潜力分析[J].有机氟工业,2014,04(01):56-60.
- [3] 白大明,关继东,苏来柱.甚低频电磁法在某萤石矿勘查中的应用[J].物探与化探,2002,26(01):39-41.
- [4] 负鹏超,孙春霞,祝少辉等.地物化综合方法在新县陡山萤石矿勘查中的探索应用[J].矿产勘查,2022,36(08):1182-1190.
- [5] 蒙应华,张婷婷,张西君.三极激电测深在贵州沿河水田坝萤石矿勘查中的应用效果[J].贵州地质,2015,32(01):47-52.